

**PEMANFAATAN DAUN SINGKONG (*MANIHOT UTILISSIMA*)
SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN KARBON
PADA BATERAI 1,5 VOLT**

SKRIPSI

**ASNITHA ARITONANG
NIM : 0705162018**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

**PEMANFAATAN DAUN SINGKONG (*MANIHOT UTILISSIMA*)
SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN KARBON
PADA BATERAI 1,5 VOLT**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana (S.Si.)

**ASNITHA ARITONANG
NIM : 0705162018**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi
Lamp :-

Kepada Yth.,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara,

Nama	: Asnitha Aritonang
Nomor Induk Mahasiswa	: 0705162018
Program Studi	: Fisika
Judul	: Pemanfaatan Daun Singkong (<i>Manihot utilissima</i>) Sebagai Pengganti Sebagian Karbon Pada Baterai 1,5 Volt

dapat disetujui untuk segera *dimunaqasyahkan*. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 25 Maret 2021
11 Syakban 1442 H

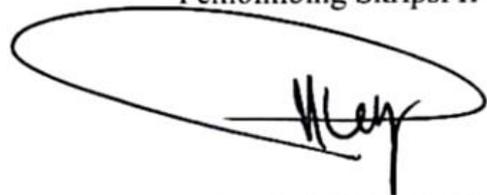
Komisi Pembimbing,

Pembimbing Skripsi I,



Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP.19811106 200501 1 003

Pembimbing Skripsi II



Ety Jumiati, S.Pd., M.Si.
NIB. 1100000072

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Asnitha Aritonang
Nomor Induk Mahasiswa : 0705162018
Program Studi : Fisika
Judul : Pemanfaatan Daun Singkong (*Manihot utilissima*) Sebagai Pengganti Sebagian Karbon Pada Baterai 1,5 Volt

menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 25 Maret 2021



Asnitha Aritonang
NIM. 0705162018



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERISUMATERA UTARA MEDAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. IAIN No. 1 Medan 20235
Telp. (061) 6615683-6622925, Fax. (061) 6615683
Url: <http://saintek.uinsu.ac.id>, E-mail: saintek@uinsu.ac.id

PENGESAHAN SKRIPSI

Nomor: B.121/ST/ST.V.2/PP.01.1/07/2021

Judul : Pemanfaatan Daun Singkong (*Manihot Utilissima*) Sebagai Pengganti Sebagian Karbon Pada Baterai 1,5 Volt
Nama : Asnitha Aritonang
Nomor Induk Mahasiswa : 0705162018
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan dan dinyatakan LULUS.

Pada hari/tanggal : Rabu, 30 Maret 2021
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Sains dan Teknologi

Tim Ujian Munaqasyah,
Ketua,

Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd.
NIP. 197503242007101001

Dewan Penguji,

Penguji I,

Ratni Sirait, M.Pd.
NIB.1100000071

Penguji II,

Masthura, M.Si.
NIB. 1100000069

Penguji III,

Dr. Abdul Halim Da'ulay, S.T., M.Si.
NIP. 198111062005011003

Penguji IV,

Ety Jumiaty, S.Pd., M.Si.
NIB. 1100000072

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sumatera Utara Medan

Dr. Mhd. Syahnan, M.A.
NIP. 196609051991031002

PEMANFAATAN DAUN SINGKONG (*MANIHOT UTILISSIMA*) SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN KARBON PADA BATERAI 1,5 VOLT

ABSTRAK

Telah dilakukan pembuatan biobaterai daun singkong (*Manihot utilissima*), yang bertujuan (i) untuk mengetahui apakah daun singkong dapat dimanfaatkan sebagai pengganti karbon pada baterai 1,5 volt, (ii) untuk mengetahui nilai tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan biobaterai, dan (iii) untuk mengetahui unjuk kerja biobaterai yang dihasilkan saat diaplikasikan pada beban lampu LED 2,5 watt. Sampel yang digunakan sebagai karbon adalah daun singkong dengan campuran jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) dengan perbandingan massa karbon daun singkong. Analisis yang dilakukan antara lain pengukuran tegangan listrik, arus listrik, dan daya listrik. Dari hasil penelitian pemanfaatan daun singkong (*Manihot utilissima*) sebagai pengganti sebagian karbon pada baterai 1,5 volt di dapatkan nilai rata-rata tegangan listrik biobaterai daun singkong dengan sampel A: 1,53 volt; B: 1,54 volt; C: 1,55 volt; dan D: 1,58 volt. Dengan nilai rata-rata arus listrik pada sampel A: 0,08 mA; B: 0,1 mA; C: 0,13 mA; dan D: 0,19 mA. Kemudian didapatkan nilai rata-rata daya listrik pada sampel A: 0,12 mW; B: 0,14 mW; C: 0,20 mW; dan D: 0,29 mW. Semakin tinggi massa karbon daun singkong maka semakin tinggi nilai tegangan, arus dan daya listrik yang dihasilkan. Unjuk kerja dari pemanfaatan daun singkong (*Manihot utilissima*) sebagai pengganti sebagian karbon pada baterai 1,5 volt berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Setelah dilakukan percobaan lampu LED 2,5 watt mampu menyala dengan 3 buah baterai dari setiap variasi massa daun singkong.

Kata-Kata Kunci: Arus, daun singkong, daya listrik, dan tegangan

**UTILIZATION OF CASSAVA LEAVES (MANIHOT UTILISSIMA)
AS A PARTICULAR REPLACEMENT OF CARBON
ON BATTERY 1.5 VOLT**

ABSTRACT

The manufacture of cassava leaf biobattery (Manihot utilissima) has been carried out, which aims to (i) to determine whether cassava leaves can be used as a substitute for carbon in 1.5 volt batteries, (ii) to determine the value of voltage, current, and electrical power produced by biobatteries, and (iii) to determine the performance of biobatteries produced when applied. at a 2.5 watt LED light load. The sample used as carbon was cassava leaves with a mixture of lime (Citrus aurantifolia) with a ratio of carbon mass of cassava leaves. The analysis carried out included measurements of electric voltage, electric current, and electric power. From the results of research on the use of cassava leaves (Manihot utilissima) as a partial replacement of carbon in a 1.5 volt battery, it was found that the average value of the electrical voltage of cassava leaf biobattery with sample A: 1.53 volts; B: 1.54 volts; C: 1.55 volts; and D: 1.58 volts. With the average value of electric current in sample A: 0.08 mA; B: 0.1 mA; C: 0.13 mA; and D: 0.19 mA. Then the average value of electric power in sample A: 0.12 mW; B: 0.14 mW; C: 0.20 mW; and D: 0.29 mW. The higher the carbon mass of cassava leaves, the higher the value of voltage, current and electrical power produced. The performance of the use of cassava leaves (Manihot utilissima) as a partial replacement of carbon in a 1.5 volt battery went as expected. After the experiment, the 2.5 watt LED lamp was able to light up with 3 batteries from each variation of the mass of cassava leaves.

Keywords: Current, cassava leaves, electric power, and voltage

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas karunia Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains dalam Program Studi Fisika.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari adanya kerja sama dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Syahrin Harahap, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
2. Dr. Mhd Syahnan, M.A., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
3. Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd. selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
4. Miftahul Husnah, S.Pd., M.Si. selaku Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
5. Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
6. Ety Jumiati, S.Pd., M.Si, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktu dengan penuh kesabaran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh dosen prodi Fisika. Terima kasih banyak telah membantu dan meluangkan waktunya untuk membimbing dan berbagi ilmunya kepada penulis.
8. Masthura, S.Si., M.Si, selaku dosen penasihat akademik. Yang telah membimbing dan meluangkan waktunya dalam penyusunan mata kuliah.

9. Ayah Zainal Aritonang, Ibu Legini, kakakku Alm. Astrina Aritonang, adik-adikku tercinta Murdani Aritonang, Nuralisa Aritonang, Maya Karin Aritonang, Paklek Amir Husin M,A., Bibik Sri Soyem S, Pd., dan sepupu-sepupuku Asri Akmalia Safitri, Amri Syaputra, Asri Tsalsa Putri, seluruh keluarga dan orang tercinta yang selalu mendoakan, memberi semangat, dan mendukung setiap langkah yang penulis tempuh dalam pendidikan.
10. Sahabat (Nanda Putri Afrilda, Nur'aini Fadillah, Nadilla Putri, Endang Sagita Ritonga, Nita Zahara Nasution, dan Rahma Sari Pohan) yang selalu memberikan semangat dalam mengerjakan skripsi dan motivasi kepada penulis. Edo Erdiansyah, Iyus Ita Sari, Umi Kalsum sahabat SMA yang telah membantu dan memberikan dorongan kepada penulis. Dan teman-teman sekelas seperjuangan Fisika-1 angkatan 2016. Semoga sukses di masa mendatang dan berguna bagi bangsa, negara dan agama.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terimakasih untuk selalu memberikan bantuan moral dan spiritual.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritikan yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini bisa berguna bagi pembaca dan bagi penulis sendiri.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Medan, 25 Maret 2020

Penulis,

Asnitha Aritonang
NIM: 0705162018

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman Singkong.....	5
2.1.1 Klasifikasi Tanaman Singkong.....	6
2.1.2 Morfologi Tanaman Singkong.....	7
2.1.3 Komposisi Daun Singkong.....	8
2.2 Jeruk Nipis.....	9
2.3 Elektroda.....	11
2.4 Elektrokimia.....	13
2.4.1 Jenis-Jenis Sel Elektrokimia.....	14
2.4.2 Elektrolit Kuat dan Lemah.....	16
2.5 Baterai.....	17
2.6 Pengukuran Tegangan, Arus dan Daya Listrik.....	18
2.6.1 Tegangan Listrik.....	18

2.6.2 Arus Listrik	19
2.6.3 Daya Listrik	20
2.6.4 Waktu Pembebanan	20
2.7 Penelitian yang Relevan	20
2.8 Hipotesis Penelitian	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.1.1 Tempat Penelitian	22
3.1.2 Waktu Penelitian	22
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	22
3.2.1 Bahan Penelitian	22
3.2.2 Alat Penelitian	23
3.3 Diagram Alir Penelitian	24
3.3.1 Pelepasan Elemen Baterai	24
3.3.2 Pembuatan Karbon dan Baterai Daun Singkong	25
3.4 Proses Pembuatan Biobaterai	26
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1. Tegangan Listrik	29
4.2. Arus Listrik	30
4.3. Daya Listrik	32
4.4. Waktu Pembebanan	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	37
5.2. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN-LAMPIRAN	41
RIWAYAT HIDUP	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1.	Kandungan zat gizi daun singkong per 100 g.....	9
2.2.	Kandungan rata-rata dalam 100 g Sari Jeruk Nipis.....	10
2.3.	Perbandingan elektrolit kuat, lemah dan non elektrolit.....	17
4.1	Hasil Pengukuran Tegangan Listrik Biobaterai Daun Singkong	29
4.2	Hasil Pengukuran Arus Listrik Biobaterai Daun Singkong	31
4.3	Hasil Pengukuran Daya Listrik Biobaterai Daun Singkong	32
4.4	Hasil Pengukuran Nilai Tegangan dan Arus Listrik saat Diberi Beban Berupa Lampu LED Biobaterai Daun Singkong	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Pohon singkong.....	5
2.2	Daun singkong.....	7
2.3	Jeruk Nipis.....	10
3.1	Pelepasan Elemen Baterai.....	24
3.2	Pembuatan Karbon Daun Singkong.....	25
3.3	Desain Baterai Daun Singkong.....	27
3.4	Desain Baterai Dengan Variasi Massa Daun Singkong 1, 2, 3, dan 4 gram.....	27
3.5	Rangkaian Penelitian	28
4.1	Grafik Penurunan Nilai Tegangan Listrik Biobaterai Daun Singkong ...	30
4.2	Grafik Penurunan Nilai Arus Listrik Biobaterai Daun Singkong	31
4.3	Grafik Penurunan Nilai Daya Listrik Biobaterai Daun Singkong	33
4.4	Grafik Penurunan Nilai Tegangan Listrik Terhadap Waktu Pembebanan	35
4.5	Grafik Penurunan Nilai Arus Listrik Terhadap Waktu Pembebanan	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran	Halaman
1.	Gambar Bahan Percobaan.....	42
2.	Gambar Alat-Alat Percobaan.....	44
3.	Gambar Pembuatan Biobaterai Daun Singkong.....	46
4.	Gambar Sampel Uji Biobaterai.....	48
5.	Data Pengukuran Daya Listrik Biobaterai.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan salah satu negara yang penggunaan listriknya terus meningkat dengan terus bertambahnya jumlah penduduk, sebab listrik sudah menjadi kebutuhan pokok dalam kehidupan. Selain listrik, baterai yang merupakan suatu perangkat penyimpanan energi juga meningkat penggunaannya. Di Indonesia baterai lithium yang paling banyak digunakan sebab baterai memiliki daya tahan lebih lama dan kemasan yang lebih ringan. Saat ini litium-ion yang melimpah di alam Indonesia masih dijaga kelimpahannya, sedangkan baterai litium-ion yang beredar saat ini adalah impor bahan baku. Selain litium-ion Indonesia juga berpegang besar dalam penggunaan baterai primer yang mudah didapat dengan harga terjangkau. Namun bahan yang digunakan pada baterai konvensional yang sering dipakai pada keperluan sehari-hari mengandung logam berat seperti merkuri, timbal, kadmium, dan nikel. Jika energi dari baterai sudah habis maka limbahnya tergolong B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang sulit diurai oleh mikroba dan sangat berbahaya. Dan jika limbah tersebut tidak bisa diolah kembali dengan baik maka akan menyebabkan kerusakan lingkungan.

Untuk mengurangi impor litium-ion yang berlebihan, kita dapat mandiri memanfaatkan energi alternatif yang bersifat terbarukan seperti panas bumi, energi surya, angin, air, dan biomassa seperti briket maupun biobaterai. Tidak hanya sebagai energi alternatif namun juga memiliki sifat yang ramah lingkungan, di mana barang yang sudah tidak terpakai seperti limbah baterai bekas dapat digunakan kembali dengan mengganti isi dari baterai tersebut dengan memanfaatkan daun singkong (*Manihot utilissima*) sebagai pengganti dari karbon pada baterai. Karena menurut Gempur Irawan Supena Putra (2013), dalam 100 gram daun singkong terkandung mineral-mineral seperti kalium, fosfor, kalsium, magnesium, besi, seng, klor, mangan, dan natrium yang cukup tinggi serta garam. Kemungkinan adanya arus yang mengalir sebesar 0,7 Ampere dan tegangan yang timbul dikarenakan adanya reaksi antara ion kation positif dikenal juga dengan ion kalium (K^+) dengan ion anion negatif dikenal juga dengan ion klorin (Cl^-).

Berikut ini beberapa penelitian Nelmi Agustina dkk. (2018) tentang “*Pengolahan Limbah Kulit Durian dan Baterai Bekas Menjadi Salah Satu Sumber Energi Listrik yang Ramah Lingkungan*”, dibuat untuk memanfaatkan barang bekas dan limbah organik seperti limbah kulit durian sebagai sumber energi alternatif. Namun seiring berkembangnya inovasi baru kulit durian pun semakin jarang terlihat karena banyak yang telah mengetahui manfaat dari kulit durian. Pada penelitian Nurfazri Pulungan dkk. (2017), tentang “*Pembuatan Bio Baterai Berbahan Dasar Kulit Pisang*”, dibuat sebagai sumber energi dalam bentuk *bio-battery* yang bertujuan untuk menghasilkan arus yang stabil dan aman penggunaannya bagi lingkungan, yang mana penulis memanfaatkan limbah kulit pisang yang dibuat menjadi pasta menjadi sumber energi. Pada penelitian Syifa Fadilah, dkk (2015) tentang “*Pembuatan Biomaterial dari Limbah Kulit Pisang (Musa paradisiaca)*”, dibuat dengan harapan dapat menjadi energi alternatif yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan logam bekas.

Berdasarkan paparan di atas, maka penulis mempunyai gagasan untuk melakukan penelitian dengan mengembangkan inovasi baru dengan membuat biobaterai, daun singkong (*Manihot utilissima*) sebagai bahan utamanya. Berdasarkan latar belakang di atas penulis berkeinginan melakukan penelitian mengenai “*Pemanfaatan Daun Singkong (Manihot utilissima) Sebagai Pengganti Karbon Pada Baterai 1,5 Volt*”. Di mana baterai tersebut dapat digunakan dalam skala yang lebih besar dan bersifat ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Apakah daun singkong dapat dimanfaatkan sebagai pengganti karbon pada baterai 1,5 volt?
2. Bagaimana nilai tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan biobaterai?
3. Bagaimana unjuk kerja biobaterai yang dihasilkan saat diaplikasikan pada beban lampu LED 2,5 watt?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Baterai yang digunakan pada penelitian ini berupa baterai jenis AA yang memiliki tegangan supply 1,5 volt.
2. Daun singkong yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis daun singkong mangi.
3. Jeruk nipis yang digunakan pada penelitian ini yang dapat dijumpai di pasar.
4. Pembuatan karbon daun singkong dengan temperatur suhu ± 200 °C dengan waktu selama 30 menit
5. Variasi massa karbon daun singkong yang digunakan adalah 1, 2, 3, dan 4 gram.
6. Data pengamatan yang diukur berupa tegangan, arus, dan daya listrik serta unjuk kerja biobaterai saat diaplikasikan pada beban lampu LED 2,5 watt.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui apakah daun singkong dapat dimanfaatkan sebagai pengganti karbon pada baterai 1,5 volt.
2. Untuk mengetahui nilai tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan biobaterai.
3. Untuk mengetahui unjuk kerja biobaterai yang dihasilkan saat diaplikasikan pada beban lampu LED 2,5 watt.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai salah satu referensi bagi mahasiswa lain yang akan melakukan penelitian dalam pengembangan inovasi baru biobaterai.
2. Untuk menyadarkan masyarakat agar tidak membuang baterai bekas sembarangan, karena dapat menyebabkan kerusakan lingkungan.
3. Untuk menyadarkan masyarakat petani singkong agar mengetahui manfaat lebih dari daun singkong.
4. Mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap energi fosil dengan beralih dengan biobaterai yang ramah lingkungan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Singkong

Tanaman singkong atau biasa dikenal juga dengan ubi kayu merupakan tanaman “multiguna” karena umbi, batang dan daunnya bermanfaat. Umbi tanaman singkong kaya gizi, mengandung karbohidrat 34%, protein 1,2%, lemak 0,3%, fosfor 40%, berbagai unsur mineral, dan bahkan vitamin. Bagian kulit umbi dan limbah industri pati (onggok) digunakan sebagai bahan pakan ternak.



Gambar 2.1 Pohon Singkong

Di pedesaan, batang muda dan daun banyak dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak, dan batang tanaman singkong kering sebagai bahan bakar. Daun singkong merupakan sumber protein (6,8%), mineral, serta vitamin A dan C. Sebagai sumber karbohidrat, singkong banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai industri. Melalui berbagai proses dehidrasi, hidrolisis, sakarifikasi, dan fermentasi ubi kayu dapat diproses menjadi *glukose*, *dekstrose*, *sorbitol*, bioetanol, lem, bahan kertas, dan lain-lain. (Saleh, 2016)

Seperti yang tercantum pada Al-Qur’an Surah Qāf [50] ayat 9 yang berbunyi:

وَنَزَّلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً مُّبْرَكًا فَأَنْبَتْنَا بِهِ جَنَّاتٍ وَحَبَّ الْحَصِيدِ ﴿٩﴾

Artinya: “Dan Kami turunkan dari langit air yang banyak manfaatnya lalu Kami tumbuhkan dengan air itu pohon-pohon dan biji-biji tanaman yang diketam”.

Quraish Shihab memberikan penjelasan bahwa ayat ini merupakan bukti atas kekuasaan Allah Swt. Dan di antara bukti kuasa Kami adalah Kami menurunkan sedikit demi sedikit sesuai dengan kebutuhan dari langit, yakni angkasa, air hujan yang banyak manfaatnya bagi penghuni bumi lalu Kami

tumbuhkan dengannya, yakni dengan air yang tercurah itu aneka tumbuhan, bunga-bunga, juga buah-buahan yang tumbuh di kebun-kebun dan biji-bijian tanaman yang dituai.

Dalam hal ini Allah menguraikan dampak yang diperoleh dari diciptakannya langit dan bumi, salah satunya sebagaimana dijelaskan dalam ayat di atas adalah apa yang dihasilkan oleh langit dan bumi. Al-Maraghi menjelaskan, Dan kami menurunkan dari langit air yang banyak manfaatnya karena dengan air itu kami menumbuhkan kebun-kebun yang subur dan taman-taman yang luas, di samping biji-bijian dari tanam-tanaman yang biasanya diketam seperti gandum, jelai, dan lain-lain. (Fuadi, 2016)

2.1.1 Klasifikasi Tanaman Singkong

Menurut Thunenay, tanaman singkong berasal dari benua Amerika, tepatnya dari negara Brazil. Penyebarannya hampir ke seluruh dunia, antara lain: Afrika, Madagaskar, India, Tiongkok. Di Indonesia, tanaman singkong berasal dari Brasil yang diperkenalkan oleh orang Portugis pada abad ke-16. Selanjutnya singkong ditanam secara komersial di wilayah Indonesia sekitar tahun 1810. Varietas-varietas dari jenis singkong antara lain gading, adiral, mangi, betawi, mentega, randu, lanting, kaliki, bogor, SPP (Sao Pedro Petro), dan adira 2.

Tumbuhan singkong termasuk dalam kelas *Dicotyledonae*, singkong berada dalam famili *Euphorbiaceae* yang mempunyai nilai komersial, seperti karet (*Havea brasiliensis*), jarak (*Ricinus comunis* dan *Jatropha curcas*), umbi-umbian (*Manihot* spp), dan tanaman hias (*Euphorbia* spp). Klasifikasi tanaman singkong adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae* (tumbuhan)
 Devisio : *Spermatophyta* (tumbuhan berbiji)
 Sub divisio : *Angiospermae* (berbiji tertutup)
 Class : *Dicotyledonae*
 Ordo : *Euphorbiales*
 Family : *Euphorbiaceae*
 Genus : *Manihot*
 Species : *Manihot utilissima*

2.1.2 Morfologi Tanaman Singkong

Menurut Nasir Saleh dkk (2016). dalam bukunya adapun morfologi dari tanaman Singkong, antara lain sebagai berikut:

1. Batang

Tanaman singkong merupakan tanaman berkayu, batang berbentuk silindris dengan diameter 2–6 cm, beruas berupa benjolan bekas tangkai daun yang telah gugur yang tersusun secara berselang-seling, tinggi tanaman 1,5–5 m. Batang muda berwarna hijau dan setelah tua berwarna keputihan, kelabu atau hijau kelabu, kemerahan, dan coklat tergantung varietas. Batang berlubang, berisi empulur berwarna putih, lunak dengan struktur seperti gabus. Batang tanaman singkong ada yang bercabang dan ada yang tidak bercabang tergantung varietas dan lingkungan.

2. Daun

Tanaman singkong termasuk berdaun tunggal karena hanya terdapat satu helai daun pada setiap tangkai daun. Ujung daun meruncing, susunan tulang daun menjari dengan cangkup 5–9 helai. Daun ubi kayu dibedakan menjadi: (1). Daun sempit memanjang dengan 2–3 sudut tajam pada setiap sisi daun, (2). Daun sempit memanjang dengan 2–3 sudut tumpul (bergelombang), (3). Daun sempit memanjang dengan tepi rata, (4). Daun lebar memanjang, (5). Daun lebar lonjong, dan (6). daun lebar membulat pada bagian ujung.



Gambar 2.2 Daun Singkong

Warna helai daun bagian atas dibedakan menjadi (a). hijau gelap, (b). hijau muda, (c). ungu kehijauan, dan (d). kuning belang-belang. Warna tulang daun bervariasi mulai dari hijau hingga ungu. Tangkai daun berwarna merah, ungu, hijau, kuning dan kombinasi dari empat warna tersebut, panjang 10–20 cm. Warna terdapat pada seluruh tangkai, ataupun pada ujung dan pangkal. Warna tangkai daun dipengaruhi oleh lingkungan.

3. Bunga

Bunga tanaman singkong termasuk berumah satu (*monocious*), bunga jantan dan betina terletak pada tangkai bunga yang berbeda dalam satu batang untuk tiap tanaman. Berdasarkan kemampuan berbunganya dibedakan menjadi dua kelompok yaitu: (1) hanya dapat berbunga di dataran tinggi (>800 m di atas permukaan laut), dan (2) dapat berbunga di dataran rendah maupun dataran tinggi. Jenis bunga yang dihasilkan dibedakan menjadi dua kelompok yaitu: (1) menghasilkan bunga jantan dan betina yang fertile (subur), dan (2) menghasilkan bunga betina fertile dan bunga jantan steril (mandul).

4. Umbi

Umbi tanaman singkong berbeda dengan umbi tanaman umbi-umbian lain. Umbi secara anatomis sama dengan akar, tidak mempunyai mata tunas sehingga tidak dapat digunakan sebagai alat perbanyakan vegetatif. Secara morfologis, bagian umbi dibedakan menjadi tangkai, umbi, dan bagian ekor pada bagian ujung umbi. Tangkai ujung bervariasi dari sangat pendek (kurang dari 1 cm) hingga panjang (lebih dari 6 cm). Ekor umbi ada yang pendek dan ada yang panjang. Bentuk umbi beragam mulai agak gemuk membulat, lonjong, pendek hingga memanjang. Warna kulit umbi putih, abu-abu, coklat cerah hingga coklat tua. Warna kulit bagian dalam umbi terdiri atas putih, kuning, krem, jingga, dan kemerahan hingga ungu. Warna daging umbi pada umumnya putih, namun ada yang berwarna kekuningan.

2.1.3 Komposisi Daun Singkong

Menurut Thunenay (2018), kandungan vitamin A dan C pada daun singkong berperan sebagai antioksidan yang mencegah proses penuaan dan meningkatkan daya tahan tubuh terhadap serangan penyakit. Maka dari itu manfaat daun singkong sebagai obat antara lain anti kanker, mencegah konstipasi dan anemia, serta meningkatkan daya tahan tubuh.

Keunggulan tanaman singkong adalah (1) kadar gizi makro (kecuali protein) dan mikro tinggi, sehingga jumlah penderita anemia dan kekurangan vitamin A dan C di tengah masyarakat yang pangan pokoknya singkong relatif sedikit, (2)

daun mudanya sebagai bahan sayuran berkadar gizi makro dan mikro paling tinggi dan proporsional dibandingkan dengan bahan sayur lainnya, (3) kadar glikemik dalam darah rendah, (4) kadar serat pangan larut tinggi, (5) dalam usus dan lambung berpotensi menjadi probiotik, dan (6) secara agronomis mampu beradaptasi terhadap lingkungan marginal sehingga merupakan sumber kalori potensial di wilayah yang didominasi oleh lahan marginal dan iklim kering. Kelemahan ubi kayu adalah (1) kadar protein ubi rendah namun dapat dikompensasi dengan penggunaan daun muda sebagai sayuran, (2) proses pengolahan menjadi produk siap olah dan siap saji tidak secepat padi. Dan (3) termasuk pangan inferior berkonotasi strata sosial rendah. (Wargiono, 2009)

Tabel 2.1 Kandungan zat gizi daun singkong per 100 g bagian yang dapat dimakan.

Zat Gizi	Jumlah
Energi (kal)	73
Protein (g)	6,8
Lemak (g)	1,2
Karbohidrat (g)	13
Kalsium (mg)	165
Fosfor (mg)	54
Zat Besi (mg)	2
Vitamin A (SI)	11000
Vitamin B1 (mg)	0,12
Vitamin C (mg)	275
Air (g)	77,2

(Sumber: Napitupulu, 2018).

2.2 Jeruk Nipis

Jeruk (*Citrus*) merupakan salah satu jenis buah-buahan yang terkenal akan keasamannya karena banyak mengandung asam sitrat ($C_6H_8O_7$). Selain itu, jeruk juga mengandung kalsium, fosfor, dan besi. Keunggulan lain dari buah jeruk adalah ketersediaannya yang melimpah serta jeruk juga memiliki kandungan asam yang juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan biobaterai. (Suciyanti, 2019)

Jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) termasuk salah satu jenis tanaman jeruk yang mempunyai akar tunggang. Jeruk nipis termasuk jenis tumbuhan perdu yang memiliki dahan dan ranting. Batang pohonnya berkayu ulet dan keras, sedangkan permukaan kulit luarnya berwarna tua dan kusam. Tanaman jeruk nipis pada umur

2,5 tahun sudah mulai berbuah. Buahnya berbentuk bulat sebesar bola pingpong dengan diameter 2,5-5 cm. Kulitnya berwarna hijau atau kekuning-kuningan dengan tebal 0,2-0,5 cm. Daging buahnya berwarna kuning kehijauan.



Gambar 2.3 Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*)

Klasifikasi jeruk nipis adalah sebagai berikut:

Regnum	: <i>Plantae</i>
Devisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub Divisi	: <i>Angiospermae</i>
Class	: <i>Dicotyledonae</i>
Subclass	: <i>Dialypetalae</i>
Ordo	: <i>Rutales</i>
Family	: <i>Rutacea</i>
Genus	: <i>Citrus</i>
Spesies	: <i>Citrus aurantifolia</i>

Tabel 2.2 Kandungan rata-rata dalam 100 g Sari Jeruk Nipis

Zat Gizi	Jumlah
Kalori (kal)	37
Protein (g)	0,8
Vitamin B1 (mg)	0,04
Vitamin C (mg)	27
Lemak (g)	0,1
Ca (mg)	40
Zat Besi (mg)	0,6
Fosfor (mg)	22
Hodrat Arang (g)	12,4
Air (g)	86

(Sumber: Suci Asmarani, 2017)

2.3 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang dapat dilalui arus listrik dari satu media ke media yang lain. Elektroda biasanya terbuat dari logam, seperti tembaga, perak, timah, atau seng, tetapi terdapat juga elektroda yang terbuat dari bahan konduktor listrik non-logam, seperti grafit. Elektroda dapat digunakan dalam baterai, obat-obatan, dan industri untuk proses yang melibatkan elektrolisis (Pangestu, 2017).

2.3.1 Jenis-Jenis Elektroda

Ada beberapa jenis logam yang dapat dijadikan sebagai katoda dan anoda:

1. Tembaga (Cu)

Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu, berasal dari bahasa latin *cuprum* dan nomor atom 29. Bernomor massa 63,54 dan merupakan unsur logam dengan warna kemerahan. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Tembaga mempunyai kekonduksian elektrik yang tinggi diantara semua logam-logam tulen dalam suhu bilik, hanya perak yang mempunyai kekonduksian elektrik lebih tinggi dari pada tembaga, namun apabila dioksidakan tembaga adalah besi lemah. Tembaga memiliki ciri warna kemerahan, hal itu disebabkan struktur jalurnya memantulkan cahaya merah dan jingga serta menyerap frekuensi-frekuensi lain dalam spektrum tampak. Tembaga sangat langka dan jarang diperoleh dalam bentuk murni. Logam ini termasuk logam berat non ferro yaitu logam dan paduan yang tidak mengandung Fe dan C sebagai unsur dasar serta memiliki sifat penghantar listrik dan panas yang tinggi, keuletan yang tinggi dan sifat tahanan korosi yang baik. Produksi tembaga sebagian besar digunakan sebagai kawat atau bahan untuk menukar panas dalam memanfaatkan hantaran listrik. Biasanya digunakan dalam bentuk paduan, karena dapat dengan mudah membentuk paduan dengan logam-logam lain diantaranya dengan logam Pb dan logam Sn. Tembaga memiliki konduktivitas listrik yang tinggi yaitu sebesar $59,6 \times 10^6$ S/m, oleh karena itu tembaga memiliki konduktivitas termal yang tinggi atau kedua tertinggi diantara semua logam murni pada suhu kamar. (Pangestu, 2017).

2. Seng (Zn)

Seng dengan nama kimia *Zinc* dilambangkan dengan Zn mempunyai nomor atom 30 dan memiliki berat atom 65,39. Logam ini cukup mudah ditempa dan liat pada 110-150 °C. Seng (Zn) melebur pada 410 °C dan mendidih pada 906 °C. Seng dalam pemanasan tinggi akan menimbulkan endapan seperti pasir. Beberapa unsur kimia seng mirip dengan magnesium, hal ini dikarenakan ion kedua unsur ini berukuran hampir sama. Selain itu, keduanya juga memiliki keadaan oksidasi +2.

Luigi Galvani dan Alessandro Volta berhasil meneliti sifat-sifat elektrokimia seng pada tahun 1800. Pelapisan seng pada baja untuk mencegah perkaratan merupakan aplikasi utama seng, aplikasi lainnya meliputi penggunaannya pada baterai. Terdapat berbagai jenis senyawa seng yang dapat ditemukan, seperti seng karbonat dan seng glukonat (suplemen makanan), seng klorida (pada deodoran), seng piriton (pada sampo anti ketombe), seng sulfida (pada cat berpendar) dan seng metil ataupun seng dietil di laboratorium organik. Seng adalah logam yang memiliki karakteristik cukup reaktif, berwarna putih kebiruan, pudar bila terkena uap udara dan terbakar bila terkena udara dengan api hijau terang. Seng dapat bereaksi dengan asam, basa dan senyawa non logam. Seng dalam tidak berada dalam keadaan bebas, tetapi dalam bentuk terikat dengan unsur lain berupa mineral. Mineral yang mengandung seng di alam bebas antara lain kalaminit, franklinit, smithsonit, willenit, dan zinkit. (Pangestu, 2017).

Jika kedua jenis elektroda tersebut tembaga (Cu) dan seng (Zn) dihubungkan maka terbentuk kutub-kutub listrik pada rangkaian sel elektrokimia. Larutan ion mengalir melalui sepasang elektroda, elektroda positif menarik ion negatif, dan elektroda negatif menarik ion positif. Bahkan elektroda yang ideal memiliki konduktivitas tinggi, luas permukaan spesifik yaitu luas permukaan per unit berat sebesar mungkin untuk penyerapan. (Pangestu, 2017).

2.4 Elektrokimia

Elektrokimia merupakan bagian dari ilmu kimia yang mempelajari hubungan antara reaksi kimia dengan arus listrik. Elektrokimia dapat diaplikasikan dalam berbagai keperluan manusia, seperti keperluan sehari-hari dalam skala rumah tangga dan industri-industri besar seperti industri yang memproduksi bahan-bahan kimia baik organik maupun anorganik, farmasi, polimer, otomotif, perhiasan, pertambangan, pengolahan limbah, dan bidang analisis.

Penggunaan elektrokimia diantaranya adalah:

- a. Sel galvani, yaitu sel yang didasarkan pada reaksi kimia yang dapat menghasilkan arus listrik, seperti baterai, aki, dan sel bahan bakar (*fuel cell*).
- b. Sel elektrolisis, yaitu sel yang didasarkan pada reaksi kimia yang memerlukan arus listrik. (Yulianti, 2016).

Menurut Yulianti, peralatan elektrokimia minimal terdiri atas tiga komponen penting yaitu anoda, katoda, dan elektrolit.

1. Anoda

Pada sel galvanik, anoda adalah tempat terjadinya oksidasi, bermuatan negatif disebabkan oleh reaksi kimia yang spontan, elektron akan bermuatan negatif disebabkan oleh reaksi kimia yang spontan, elektron akan dilepaskan oleh elektroda ini. Pada sel elektrolisis, sumber *eksternal* tegangan didapat dari luar, sehingga anoda bermuatan positif apabila dihubungkan dengan katoda. Ion-ion bermuatan negatif akan mengalir pada anoda untuk dioksidasi. (Asmarani, 2017).

2. Katoda

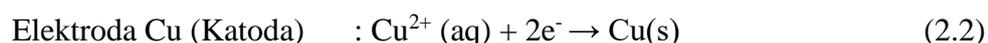
Merupakan elektroda-elektroda tempat terjadinya reduksi berbagai zat kimia. Katoda bermuatan positif bila dihubungkan dengan anoda yang terjadi pada sel galvanik. Ion bermuatan positif mengalir ke elektroda ini untuk direduksi oleh elektron-elektron yang datang dari anoda. Pada sel elektrolisis, katoda adalah elektroda yang bermuatan negatif. Ion-ion bermuatan positif (kation) mengalir ke elektroda ini untuk direduksi. Dengan demikian di sel galvanik, elektron bergerak dari anoda ke katoda dalam sirkuit *eksternal*. (Asmarani, 2017).

3. Elektrolit

Elektrolit adalah suatu zat yang larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ionnya. Zat yang jumlahnya lebih sedikit di dalam larutan disebut zat terlarut atau solute, sedangkan zat yang jumlahnya lebih banyak daripada zat-zat lain dalam larutan disebut pelarut atau solven. Komposisi zat terlarut dan pelarut dalam larutan dinyatakan konsentrasi larutan, sedangkan proses pencampuran zat terlarut dan pelarut membentuk larutan disebut pelarutan atau solvasi. Larutan terdiri dari larutan non elektrolit dan larutan elektrolit. Larutan non elektrolit adalah larutan yang tidak menghantarkan arus listrik, sedangkan larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan mudah. Ion-ion merupakan atom bermuatan elektrik. Elektrolit dapat berupa senyawa garam, asam, atau amfoter. Elektrolit kuat identik dengan asam, basa dan garam. Elektrolit merupakan senyawa yang berikatan ion dan kovalen polar. Sebagian besar senyawa yang berikatan ion merupakan elektrolit sebagai contoh garam dapur atau NaCl. (Yulianti, 2016).

2.4.1 Jenis-Jenis Sel Elektrokimia

Sel Elektrokimia adalah suatu alat yang menghasilkan arus listrik dari energi yang dihasilkan oleh reaksi di dalam selnya, yaitu reaksi oksidasi dan reaksi reduksi (reaksi redoks). Sel elektrokimia tersusun dari dua material penghantar atau konduktor listrik yang disebut dengan katoda dan anoda. Kedua material penghantar ini disebut dengan elektroda. Contoh reaksi redoks di tunjukkan pada persamaan (2.1) dan (2.2). (Pangestu, 2017)



Terdapat beberapa sel elektrokimia atau alat yang menghasilkan arus listrik dari energi yang dihasilkan dengan reaksi redoks, salah satunya yaitu:

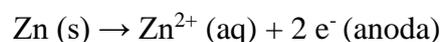
1. Aki (*Accu*)

Aki merupakan salah satu contoh sel sekun merupakan salah satu contoh sel sekunder karena reaksi reduksi yang berlangsung pada sel ini dapat dibalik dengan jalan mengalirkan arus listrik. Sel aki terdiri atas anoda Pb (Timbal) dan katoda PbO₂ (Timbal (IV) Oksida). Keduanya merupakan zat padat

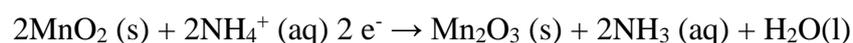
yang dicelupkan dalam asam sulfat. Kedua elektroda tersebut merupakan hasil reaksi yang tidak larut dalam asam sulfat, sehingga diperlukan jembatan garam. Tiap sel aki mempunyai beda potensial kurang lebih 2 V. Aki 12 V terdiri atas 6 sel yang dihubungkan seri. Aki dapat di isi kembali karena hasil-hasil reaksi pengosongan aki tetap melekat pada kedua elektroda. Pengisian aki dilakukan membalik arah aliran elektron pada kedua elektroda. Pada pengosongan aki, anoda (Pb) mengirim elektron pada katoda, sebaliknya pada pengisian aki elektroda Pb dihubungkan dengan kutub negatif sumber arus sehingga PbSO_4 yang terdapat pada elektroda Pb itu direduksi. Sementara PbSO_4 yang terdapat pada elektroda PbO_2 mengalami oksidasi membentuk PbO. (Asmarani 2017).

2. Sel Kering Seng-Karbon

Sel kering juga dapat disebut Sel Lanchanche atau baterai. Baterai kering ini mendapatkan hak paten penemuan di tahun 1866. Sel Lanchache ini terdiri atas suatu silinder zink berisi pasta dari campuran batu kawi (MnO_2), salmiak (NH_4Cl), karbon (C), dan sedikit air. Dengan adanya air, baterai kering ini tidak 100% kering. Sel ini biasanya digunakan sebagai sumber tenaga atau energi pada lampu, senter, radio, jam dinding, dan lain - lain. Penggunaan logam seng adalah sebagai anoda sedangkan katoda digunakan elektroda inert, yaitu grafit yang dicelupkan ditengah-tengah pasta. Pasta ini bertujuan sebagai oksidator. Seng tersebut akan dioksidasi sesuai dengan persamaan reaksi di bawah ini.



Sedangkan katoda terdiri atas campuran dari MnO_2 dan NH_4Cl . Reaksi yang terjadi dapat ditulis sebagai berikut.



Sehingga reaksi keseluruhan yang terjadi adalah.

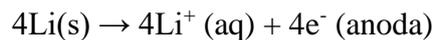


NH_3 akan bergabung dengan Zn^{2+} membentuk ion yang kompleks $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$. Sel kering ini tidak dapat digunakan berulang kali dan memiliki daya tahan yang tidak lama dan harganya sangatlah murah. (Yulianti 2016).

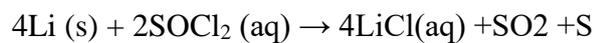
3. Baterai Lithium

Baterai Li/SOCl₂ berukuran kecil. Bentuknya dapat berupa selinder atau cakram. Penggunaannya antara lain pada kamera, *remote control*, dan lampu darurat. Baterai ini memiliki potensial yang sangat besar, sekitar 2,7-3,6 V.

Sel baterai Li/SOCl₂ terdiri dari anoda Li dan katoda karbon, dimana tionil klorida tereduksi. Elektrolitnya adalah litium aluminium tetraklorida (LiAlCl₄) dalam tionil klorida. Reaksi redoks yang terjadi pada baterai litium adalah. (Yulanti, 2016)



Sehingga reaksi sel keseluruhan adalah.



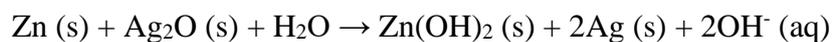
4. Baterai Perak Oksida

Baterai perak oksida tergolong tipis dan harganya yang relatif lebih mahal dari baterai-baterai lainnya. Baterai ini sangat populer dan sering digunakan pada jam, kamera, dan kalkulator elektronik. Perak oksida (Ag₂O) sebagai katoda dan seng sebagai anodanya. Reaksi elektrodanya terjadi dalam elektrolit yang bersifat basa dan mempunyai beda potensial sama seperti pada baterai alkaline sebesar 1,5 V. (Yulanti, 2016)

Reaksi yang terjadi pada baterai perak oksida adalah.



Sehingga reaksi keseluruhan adalah.



2.4.2 Elektrolit Kuat dan Lemah

Sebenarnya istilah elektrolit kuat dan lemah bukanlah pengelompokan dengan pemisahan tajam, karena elektrolit kuat dapat kuat-lemah, cukup kuat, sangat kuat, dan seterusnya. Elektrolit lemah juga dapat diperinci secara sama. Artinya, terdapat semua derajat lemah dan kuat, sehingga garis batas antara keduanya tak selalu jelas. Disamping dikelompokkan menurut kekuatannya, elektrolit dapat diklasifikasikan menurut jenisnya. Tiga tipe yang lazim adalah asam, basa, dan garam. Untuk asam dan basa terdapat elektrolit kuat dan lemah.

Karena garam merupakan senyawa ion, semuanya adalah elektrolit kuat. (Pangestu, 2017).

Tabel 2.2 Perbandingan elektrolit kuat, lemah dan non elektrolit

Jenis Larutan	Sifat dan Pengamatan Lain	Contoh Senyawa	Reaksi Ionisasi
Elektrolit Kuat	<ul style="list-style-type: none"> - Terionisasi sempurna - Menghantarkan arus listrik - Lampu menyala terang - Terdapat gelembung gas 	NaCl, HCl, NaOH, H ₂ SO ₄ , dan KCl	NaCl, HCl, NaOH, H ₂ SO ₄ , dan KCl
Elektrolit Lemah	<ul style="list-style-type: none"> - Terionisasi sebagian - Menghantarkan arus listrik - Lampu menyala redup - Terdapat gelembung gas 	CH ₃ COOH, HCN, dan Al(OH) ₃	$CH_3COO \rightarrow H^+ + CH_3COO^-$ $HCN \rightarrow H^+ + CN^-$ $Al(OH)_3 \rightarrow Al^{3+} + 3OH^-$
Non Elektrolit	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak terionisasi - Tidak menghantarkan arus listrik - Lampu tidak menyala - Tidak terdapat gelembung gas 	C ₆ H ₁₂ O ₆ , C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ , CO(NH ₂) ₂ , dan C ₂ H ₅ OH	C ₆ H ₁₂ O ₆ , C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ , CO(NH ₂) ₂ , C ₂ H ₅ OH

(Sumber: Pangestu, 2017)

2.5 Baterai

Baterai adalah suatu alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan melibatkan transfer elektron melalui suatu media yang bersifat konduktif dari dua elektroda (anoda dan katoda) sehingga menghasilkan arus listrik dan beda beda potensial. Komponen utama pada baterai terdiri dari elektroda dan elektrolit. Bahan dan luas permukaan elektroda mampu mempengaruhi jumlah beda potensial yang dihasilkan. Setiap bahan elektroda memiliki tingkat potensial elektroda (E°) yang berbeda-beda. Jika luas permukaan elektroda diperbesar maka akan semakin banyak elektron yang dapat dioksidasi dibandingkan dengan elektroda dengan luas permukaan yang kecil.

Baterai memiliki beberapa komponen penting yang terdapat di dalamnya, yaitu anoda (kutub positif), katoda (kutub negatif), jembatan garam, dan larutan elektrolit. Baterai memiliki reaksi kimia antara elektroda dengan larutan elektrolitnya sehingga akan menghasilkan suatu beda potensial. Beda potensial

antara elektroda positif dan negatif akan menghasilkan tegangan sel baterai. Jadi, prinsip utama dari baterai sendiri adalah memanfaatkan reaksi yang berasal dari keempat komponen, yaitu katoda, anoda, jembatan garam, dan elektrolit. (Yulianti, 2016).

2.6 Pengukuran Tegangan, Arus, dan Daya Listrik

2.7.1 Tegangan Listrik

Tegangan listrik atau beda potensial adalah perbedaan jumlah elektron yang berada dalam suatu arus listrik. Di satu sisi sumber arus listrik terdapat elektron yang bertumpuk sedangkan di sisi yang lain terdapat jumlah elektron yang sedikit. Hal ini terjadi karena adanya gaya magnet yang memengaruhi materi tersebut. Dalam arus listrik yang mengalir di suatu penghantar, ada dua hal yang perlu diketahui. Pertama, ada selisih potensial yang menyebabkan muatan dibawa melalui penghantar. Kedua, muatan yang lewat melalui penghantar harus kontinu dan kembali ke titik awal ketika muatan itu mulai bergerak sehingga melalui penghantar dan seterusnya. (Yulianti, 2016).

Misalkan sebuah baterai memiliki tegangan sebesar 12,6 V, itu berarti setiap muatan 1 *coulomb* menyediakan energy 12,6 *Joule*. Jika sebuah lampu dihubungkan ke baterai tersebut maka setiap muatan 1 *coulomb* yang mengalir melalui lampu akan mengkonversi energy sebesar 12,6 *Joule* menjadi energi panas dan energi cahaya. Dengan demikian persamaan untuk menentukan besarnya tegangan ditunjukkan pada Persamaan 2.3. (Sumanzaya, 2019).

$$V = \frac{W}{Q} \quad (2.3)$$

Dengan:

V = tegangan (V),

W = energi (J),

Q = muatan (C).

2.7.2 Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian pada satu waktu. Muatan listrik yang dimaksud di sini adalah elektron. Jenis arus listrik terbagi menjadi dua, yakni arus listrik searah atau DC (*Direct Current*) dan arus listrik bolak-balik atau AC (*Alternating Current*). Pada arus listrik bolak-balik, muatan listrik mengalir dalam dua arah (bolak-balik). Adapun pada arus listrik searah, muatan listrik hanya mengalir dalam satu arah saja. Ciri umum dari arus bolak-balik, yaitu sumber tegangan berasal dari PLN sedangkan arus searah berasal dari baterai.

Kuat arus didefinisikan sebagai jumlah muatan yang mengalir melalui penampang suatu kawat penghantar persatuan waktu.

Secara sistematisnya kuat arus dituliskan sebagai berikut. (Yulianti, 2016).

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (2.4)$$

Dengan:

I = kuat arus listrik (A);

Q = jumlah muatan yang mengalir (C);

t = waktu (s).

Arus listrik adalah jumlah muatan yang mengalir melalui penampang penghantar dalam tiap satuan waktu. Besaran ini dilambangkan dengan I dan dinyatakan dalam satuan ampere. Ampere adalah satuan kuat arus listrik yang dapat memisahkan 1,118 milligram perak dari nitrat perak murni dalam satu detik. Arus listrik bergerak dari terminal positif (+) ke terminal negatif (-), sedangkan aliran listrik dalam kawat logam terdiri dari aliran elektron yang bergerak dari terminal negatif (-) ke terminal positif (+), arah arus listrik dianggap berlawanan dengan arah gerakan elektron.

Kuat arus listrik adalah arus yang tergantung pada banyak sedikitnya elektron bebas yang pindah melewati suatu penampang kawat dalam satuan waktu. Rapat arus adalah besarnya arus listrik tiap-tiap mm² luas penampang kawat. Kerapatan arus berpengaruh pada kenaikan temperature. (Yulianti, 2016).

2.7.3 Daya Listrik

Daya listrik adalah banyaknya energi listrik yang mengalir setiap detik atau *Joule per second*, yang diukur dalam satuan watt (W). Daya listrik dirumuskan dengan Persamaan 2.5. (Sumanzaya, 2019).

$$P = V \times I \quad (2.5)$$

Keterangan:

P = daya (W);

V = tegangan (V);

I = arus (s).

2.7.4 Waktu Pembebanan

Pembebanan merupakan komponen elektronik yang memiliki dua saluran untuk menahan arus listrik (I) dengan memproduksi penurunan tegangan diantara kedua salurannya sesuai dengan arus yang mengalirinya. Waktu pembebanan baterai ditentukan oleh besarnya arus dan nilai beban, semakin besar arusnya maka semakin cepat baterai kosong. Dan jika nilai bebannya kecil maka semakin lama baterai dapat digunakan. (Latifah, 2019)

2.7 Penelitian yang Relevan

Nelmi Agustina dkk. (2018) tentang “*Pengolahan Limbah Kulit Durian dan Baterai Bekas Menjadi Salah Satu Sumber Energi Listrik yang Ramah Lingkungan*” dibuat untuk memanfaatkan barang bekas dan limbah organik seperti limbah kulit durian sebagai sumber energi alternatif. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian meliputi: mengukur tegangan, arus, daya, dan lama pemakaian baterai menggunakan multimeter digital. Di mana disimpulkan bahwa kulit durian dapat menggantikan mangan di oksidasi atau elektrolit pada baterai bekas. Hasil tegangan yang diperoleh antara baterai yang pastinya berisi kulit durian dijemur selama 7 hari dengan baterai yang pastinya di oven selama 2 jam dan dicampur dengan asam yang telah busuk didapatkan nilai tegangannya tidak terlalu jauh. Dari pengamatan yang dilakukan, baterai berisi pasta kulit durian yang dijemur selama satu minggu hanya bisa bertahan dalam 10 hari. Sedangkan

baterai berisi pasta kulit durian yang di oven selama 2 jam dan dicampur dengan asam busuk daya tahannya 25 hari masih menyala.

Gempur Irawan Supena Putra dan Nisa Mi'raiun Muppariqoh (2013) tentang "*Bio-Baterai Daun Singkong (Manihot Utilissima) sebagai Solusi atasi Krisis Energi Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan*" dalam penelitian ini penulis menjelaskan kandungan zat gizi daun ubi kayu per 100 g. penulis menyimpulkan bahwa adanya arus yang mengalir dikarenakan adanya reaksi antara ion (K^+) dengan (Cl^-).

Nurfazri Pulungan dkk (2017) tentang "*Pembuatan Biobaterai Berbahan Dasar Kulit Pisang*", menjelaskan pengaruh variasi kulit pisang yaitu: kulit pisang ambon, pisang barangan dan pisang bantan. Lalu dengan perlakuan tanpa penambahan garam dan penambahan garam sebanyak yang diinginkan. Pada penelitian ini membutuhkan 5 gram kulit pisang untuk setiap baterai. Hasil dari penelitian ini menyimpulkan bahwa kulit pisang dapat menghantarkan arus listrik, sehingga dapat digunakan untuk menggantikan elektrolit pada baterai komersil yang berpotensi sebagai pembuatan bio-baterai. Jenis kulit pisang yang paling baik digunakan sebagai elaktrolit baterai adalah pisang ambon.

2.8 Hipotesis Penelitian

Rumusan hipotesis penelitian ini yaitu: daun singkong (*Manihot Utilissima*) dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian karbon pada baterai 1,5 volt dengan unjuk kerja yang baik saat diaplikasikan pada beban lampu LED 2,5 watt.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh daun singkong sebagai pengganti karbon pada Baterai 1,5 volt. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan jenis metode penelitian dan pengembangan. Metode penelitian dan pengembangan merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti dan mengembangkan limbah baterai bekas dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif biobaterai. Seperti yang dikemukakan pada judul di atas yaitu *“Pemanfaatan Daun Singkong (Manihot utilissima) Sebagai Pengganti Sebagian Karbon Pada Baterai 1,5 Volt”*.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Tahap persiapan alat dan bahan serta pengambilan data dilaksanakan di Laboratorium Fisika Dasar Fakultas Sains dan Teknologi (FST) Universitas Islam Negeri Sumatera Utara yang berada di jalan IAIN No. 1 Gaharu, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara 20235.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2021 hingga Maret 2021.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Baterai bekas jenis AA dengan tegangan 1,5 volt
- 2) Daun singkong jenis mangi
- 3) Lampu LED 2,5 watt
- 4) Kertas label
- 5) Isolasi/lakban

3.2.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

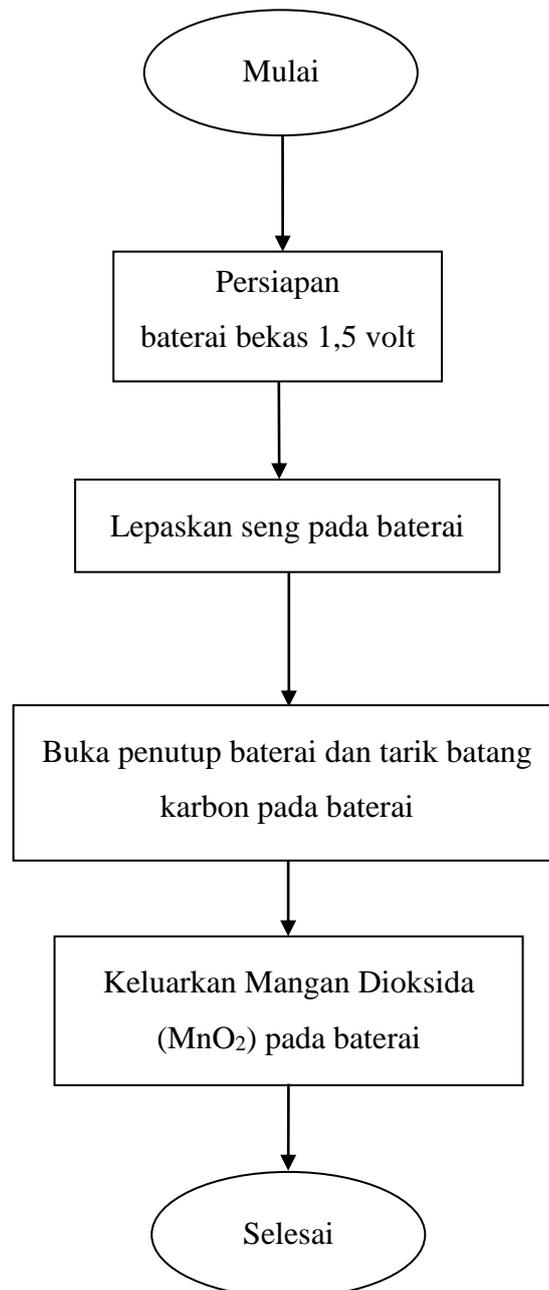
- 1) Multimeter Digital
Fungsi: digunakan untuk mengukur arus pada baterai.
- 2) Timbangan
Fungsi: untuk menimbang massa daun singkong.
- 3) *Stopwatch*
Fungsi: untuk mengukur lama waktu penyalaan lampu pijar
- 4) Kabel penghubung
Fungsi: sebagai penghubung rangkaian.
- 5) Pisau dan obeng
Fungsi: digunakan untuk membuka batrai bekas.
- 6) Oven
Fungsi: digunakan untuk mengeringkan daun singkong

3.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian akan dilakukan tiga tahap, yaitu (i) pelepasan elemen baterai, (ii) pembuatan karbon daun singkong, dan (iii) pembuatan baterai daun singkong. Tahap tersebut akan dijelaskan dengan diagram alir sebagai berikut:

3.3.1 Pelepasan Elemen Baterai

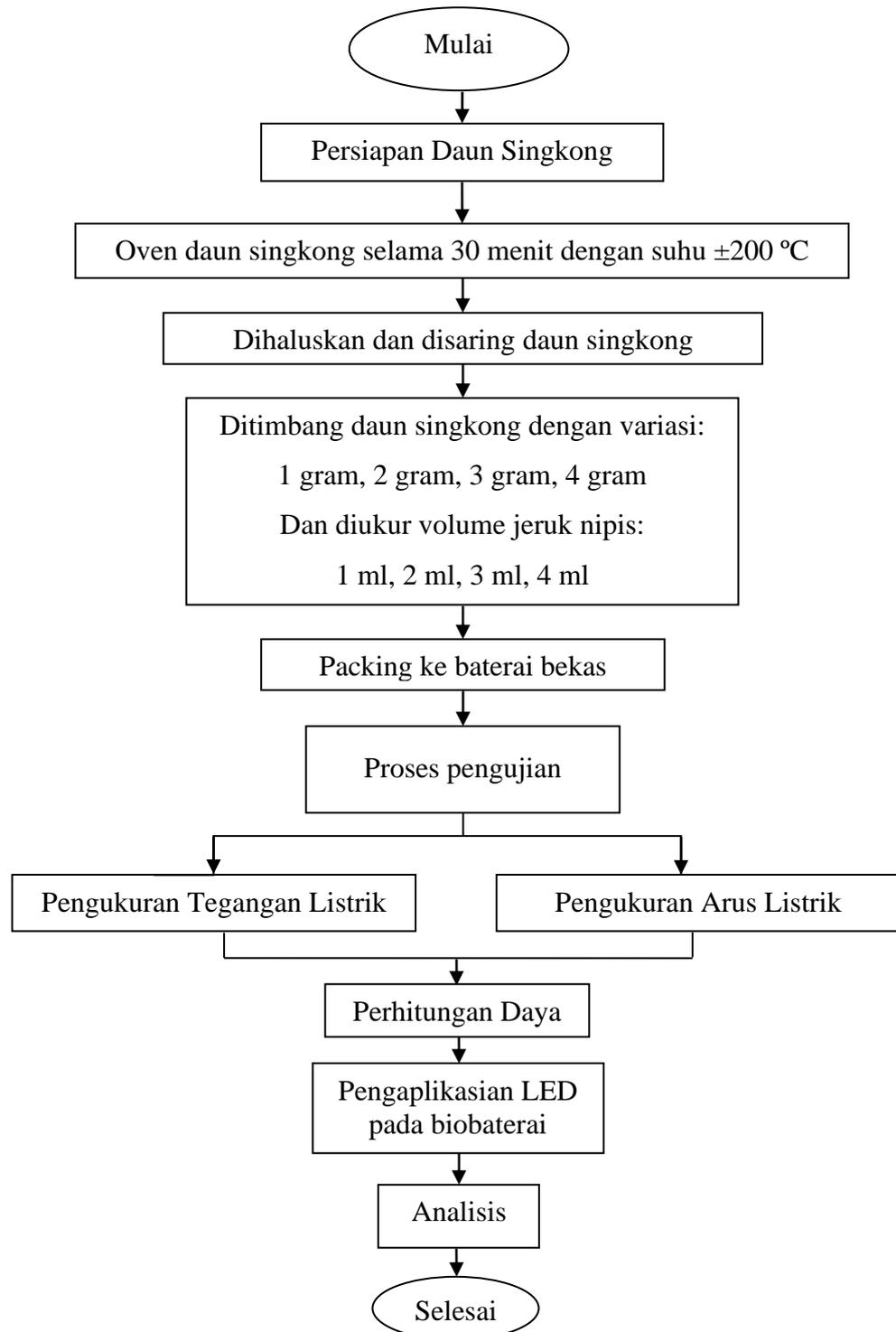
Pada diagram alir ini menjelaskan tahapan saat pelepasan elemen baterai.



Gambar 3.1 Diagram alir pelepasan elemen baterai

3.3.2 Pembuatan Karbon dan Baterai Daun Singkong

Pada diagram alir ini menjelaskan tahapan pembuatan karbon dan baterai daun singkong.



Gambar 3.2 Diagram alir pembuatan karbon dan Pengujian Kelistrikan Biobaterai Daun Singkong

3.4 Proses Pembuatan Biobaterai

Proses persiapan baterai yaitu:

- 1) Dipersiapkan alat dan bahan terlebih dahulu.
- 2) Dibersihkan baterai dengan dikeluarkan batang karbon dan mangan oksida yang ada didalam baterai.

Proses persiapan karbon daun singkong yaitu:

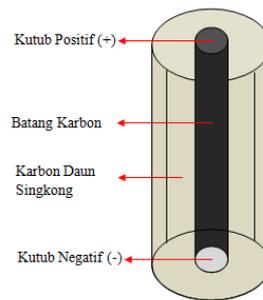
- 1) Dipersiapkan daun singkong mangi.
- 2) Dioven daun singkong dengan suhu ± 200 °C selama 30 menit.
- 3) Setelah 30 menit lalu karbon daun singkong dihaluskan dengan diremas-remas.
- 4) Kemudian daun singkong disaring
- 5) Selanjutnya masing-masing variasi karbon daun singkong ditimbang menjadi 1, 2, 3 dan 4 gram. Dan diukur volume jeruk nipis 1, 2, 3, dan 4 ml.
- 6) Langkah selanjutnya yaitu pencampuran karbon daun singkong dengan air jeruk nipis.
- 7) Dimasukkan/dipacking daun singkong yang telah dicampur dengan air jeruk nipis kedalam baterai yang telah dikeluarkan mangan oksidanya.
- 8) Kemudian tahap selanjutnya yaitu proses pengujian:
 - a. Pengukuran Tegangan Listrik
Pengukuran tegangan dengan variasi massa daun singkong bertujuan, untuk mengetahui hubungan antara tegangan yang dihasilkan saat diberi beban lampu LED 2,5 watt dengan membedakan variasi massa daun singkong.
 - b. Pengukuran Arus Listrik
Pengukuran arus dengan variasi massa daun singkong bertujuan, untuk mengetahui hubungan antara arus yang dihasilkan saat diberi beban lampu LED 2,5 watt dengan membedakan variasi massa daun singkong.

c. Daya Listrik

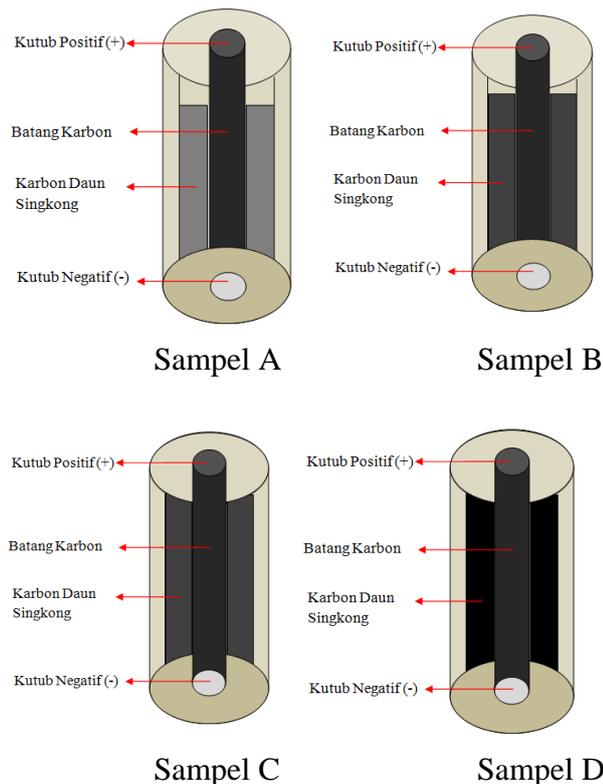
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan tegangan dan arus yang dihasilkan. Sehingga peneliti dapat mengetahui variasi baterai yang memiliki kemampuan daya yang lebih optimal.

9) Analisis Data

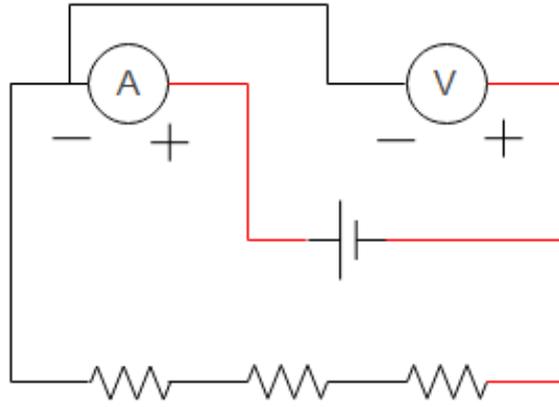
Dalam penelitian “*Pemanfaatan Daun Singkong (Manihot utilissima) Sebagai Pengganti Karbon Pada Baterai 1.5 Volt*” akan dihasilkan beberapa data, antara lain data pengukuran tegangan, arus, daya, dan lama pemakaian dengan variasi massa daun singkong.



Gambar 3.3 Desain baterai daun singkong



Gambar 2.4 Desain baterai daun singkong dengan variasi massa 1, 2, 3, dan 4 gram.



Gambar 3.5 Rangkaian Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian “Pemanfaatan Daun Singkong (*Manihot Utilissima*) Sebagai Pengganti Sebagian Karbon Pada Baterai 1,5 Volt” ini mencakup pengaruh massa daun singkong terhadap tegangan, arus dan daya listrik yang dihasilkan pada biobaterai. Untuk mengetahui hasil pengujian pada biobaterai, maka dilakukan pengujian: tegangan, arus, daya listrik dan waktu pembebanan. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dari sampel tersebut diperoleh data dan hasil analisis.

4.1 Tegangan Listrik

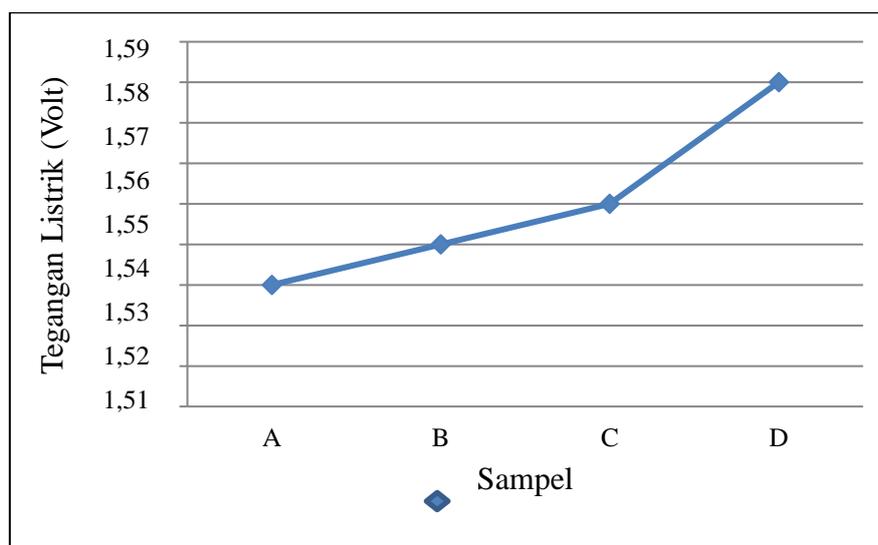
Tegangan listrik dari hasil penelitian dengan memanfaatkan karbon daun singkong (*Manihot utilissima*) sebagai pengganti sebagian karbon pada baterai 1,5 volt diperoleh data pengukuran sebagai berikut ini:

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan Listrik Biobaterai Daun Singkong

Sampel	Massa Karbon Daun Singkong (gram)	Kode Sampel	Tegangan Listrik (Volt)	Rata-Rata Tegangan Listrik (Volt)
A	1	A ₁	1,53	1,53
		A ₂	1,53	
		A ₃	1,53	
B	2	B ₁	1,54	1,54
		B ₂	1,54	
		B ₃	1,54	
C	3	C ₁	1,55	1,55
		C ₂	1,55	
		C ₃	1,56	
D	4	D ₁	1,58	1,58
		D ₂	1,57	
		D ₃	1,58	

Pada tabel 4.1 diatas dapat dilihat nilai tegangan listrik biobaterai dari masing-masing sampel menggunakan beban LED, nilai rata-rata tegangan biobaterai pada sampel A, B, C, dan D diperoleh sebesar 1,53; 1,54; 1,55; dan 1,58 volt. Pada sampel A, B, C dan D nilai tegangannya hampir memenuhi standar

baterai konvensional pada umumnya. Dari tabel 4.1 maka dapat dibuat gambar grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Penurunan Nilai Tegangan Listrik Biobaterai Daun Singkong

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa nilai tegangan semakin meningkat dengan semakin bertambah massa daun singkong (*Manihot utilissima*). Jadi nilai tegangan tertinggi terdapat pada sampel D dengan nilai rata-rata tegangan 1,58 volt. Sehingga terbukti setiap penambahan karbon daun singkong, maka nilai tegangan listriknya semakin tinggi pula. Seperti penjelasan Gempur, (2013) pada daun singkong mengalir tegangan listrik yang timbul dari biobaterai daun singkong sebesar 1,2 volt dikarenakan adanya reaksi antara ion (K^+) dengan (Cl^-). Maka dari itu terbukti dengan adanya nilai tegangan listrik yang semakin tinggi pada setiap pertambahan massa karbon daun singkong.

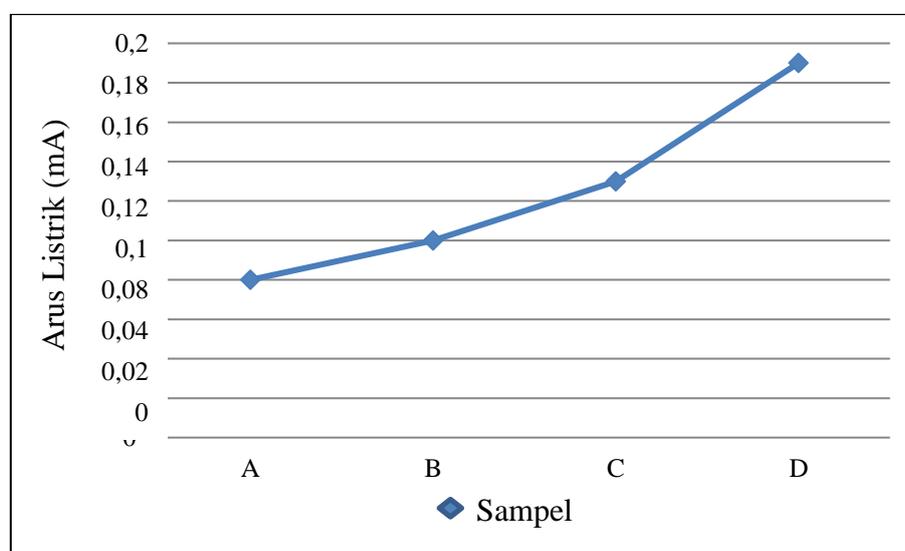
4.2 Arus Listrik

Arus listrik dari hasil penelitian dengan memanfaatkan karbon daun singkong (*manihot utilissima*) sebagai pengganti sebagian karbon pada baterai 1,5 volt diperoleh data pengukuran sebagai berikut ini:

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Arus Listrik Biobaterai Daun Singkong

Sampel	Massa Karbon Daun Singkong (gram)	Kode Sampel	Arus Listrik (mA)	Rata-rata Arus Listrik dengan Beban LED (mA)
A	1	A ₁	0,09	0,08
		A ₂	0,08	
		A ₃	0,08	
B	2	B ₁	0,10	0,10
		B ₂	0,09	
		B ₃	0,11	
C	3	C ₁	0,13	0,13
		C ₂	0,13	
		C ₃	0,14	
D	4	D ₁	0,19	0,19
		D ₂	0,18	
		D ₃	0,19	

Pada tabel 4.2 diatas dapat dilihat bahwa nilai arus listrik biobaterai pada sampel menggunakan beban lampu LED. Pada tabel tersebut, ditunjukkan setiap penambahan massa karbon daun singkong terjadi peningkatan pada arus listrik . Besaran listrik terkecil yaitu pada sampel A diperoleh nilai rata-rata arus listrik sebesar 0,08 mA. Sedangkan besaran listrik yang terbesar yaitu terdapat pada sampel D diperoleh nilai rata-rata arus listrik sebesar 0,19 mA. Berdasarkan tabel 4.2, hasil dari pengukuran besaran arus listrik pada sampel biobaterai daun singkong menggunakan beban lampu LED, maka dapat dibuat grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Penurunan Nilai Arus Listrik Biobaterai Daun Singkong

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa kenaikan arus listrik stabil dengan semakin bertambahnya massa karbon daun singkong. Jadi nilai arus tertinggi terdapat pada sampel D dengan nilai rata-rata arus listrik 0,19 mA. Karena nilai arus yang semakin tinggi yang disebabkan adanya penambahan massa karbon daun singkong (*Manihot utilissima*), hal ini dianalogikan dengan peningkatan tegangan yang menyebabkan peningkatan arus. Selain itu juga karena adanya kandungan zat besi yang terdapat pada daun singkong. Arus dan tegangan adalah dua besaran fundamental dalam listrik. Tegangan adalah penyebab dan arus adalah akibatnya.

4.3 Daya Listrik

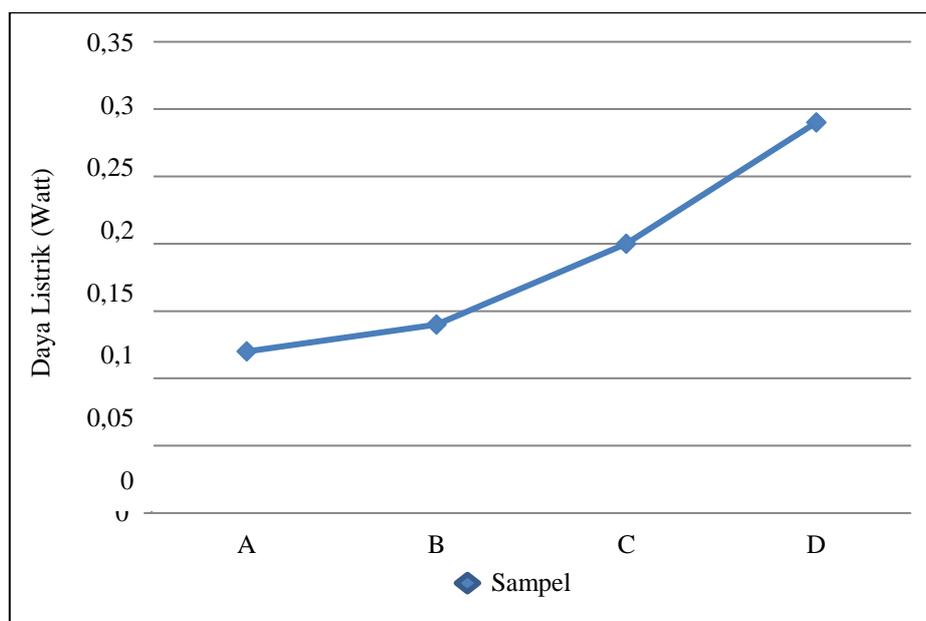
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil daya listrik dari biobaterai daun singkong dengan menggunakan persamaan 2.5 dengan mengambil nilai tegangan dan arus dengan beban lampu LED 2,5 watt yang terdapat pada tabel 4.1 dan 4.2, hasil perhitungan daya listrik terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Daya Listrik Biobaterai Daun Singkong

Sampel	Massa Karbon Daun Singkong (gram)	Kode Sampel	Daya Listrik (Watt)	Rata-Rata Daya Listrik dengan Beban LED (Watt)
A	1	A ₁	0,14	0,12
		A ₂	0,12	
		A ₃	0,12	
B	2	B ₁	0,15	0,14
		B ₂	0,14	
		B ₃	0,17	
C	3	C ₁	0,20	0,20
		C ₂	0,20	
		C ₃	0,22	
D	4	D ₁	0,30	0,29
		D ₂	0,28	
		D ₃	0,30	

Pada tabel 4.3 diatas dapat dilihat bahwa nilai rata-rata daya listrik biobaterai pada masing-masing sampel menggunakan beban lampu LED diperoleh nilai daya listrik terkecil terdapat pada sampel A sebesar 0,12 mW. Sedangkan

nilai daya listrik terbesar terdapat pada sampel D sebesar 0,29 mW. Dari tabel 4.3 maka dapat dibuat gambar grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Penurunan Nilai Daya Listrik Biobaterai Daun Singkong

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa nilai daya mengalami peningkatan dengan semakin bertambah massa karbon daun singkong (*Manihot utilissima*). Nilai daya yang dihasilkan meningkat dikarenakan nilai tegangan dan arus listrik juga mengalami peningkatan. Perbandingan nilai daya disebabkan karena jumlah ion-ion pada masing-masing biobaterai berbeda. Hal ini menunjukkan semakin banyak massa daun singkong maka karakteristik elektrik kuat daya listrik yang dihasilkan semakin meningkat. (Sumanza, 2019).

4.4 Waktu Pembebanan

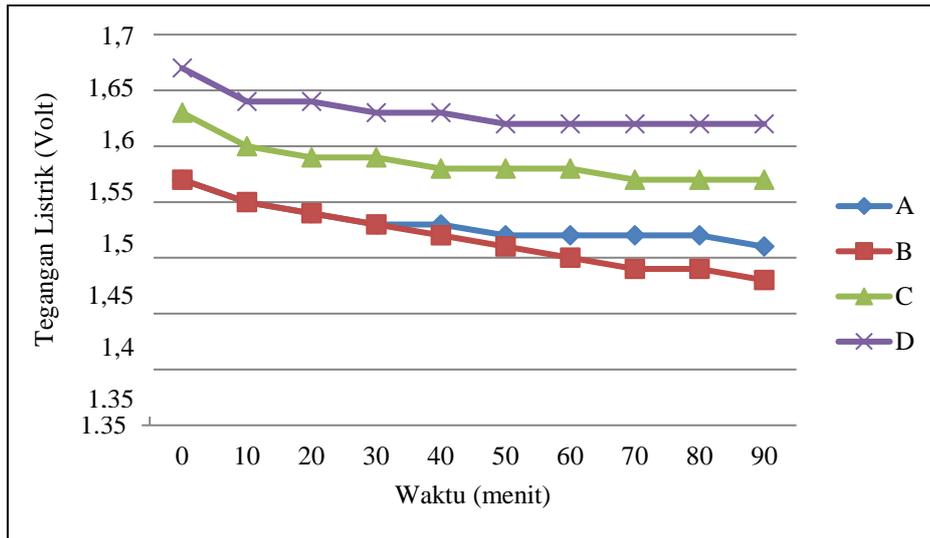
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil lama pemakaian dari biobaterai karbon daun singkong dengan mengambil nilai tegangan dan arus listrik menggunakan multimeter dan dengan beban lampu LED 2,5 watt yang terdapat pada tabel 4.4 berikut ini:

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Lama Pemakaian Biobaterai Daun Singkong

Parameter	Kode Sampel	Lama Pemakaian									
		Waktu (menit)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Tegangan Listrik (Volt)	A	1,57	1,55	1,54	1,53	1,53	1,52	1,52	1,52	1,52	1,51
	B	1,57	1,55	1,54	1,53	1,52	1,51	1,50	1,49	1,49	1,48
	C	1,63	1,60	1,59	1,59	1,58	1,58	1,58	1,57	1,57	1,57
	D	1,67	1,64	1,64	1,63	1,63	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62
Arus Listrik (mA)	A	0,25	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06
	B	0,37	0,30	0,24	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15
	C	0,40	0,38	0,36	0,32	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22
	D	0,56	0,40	0,36	0,34	0,31	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22

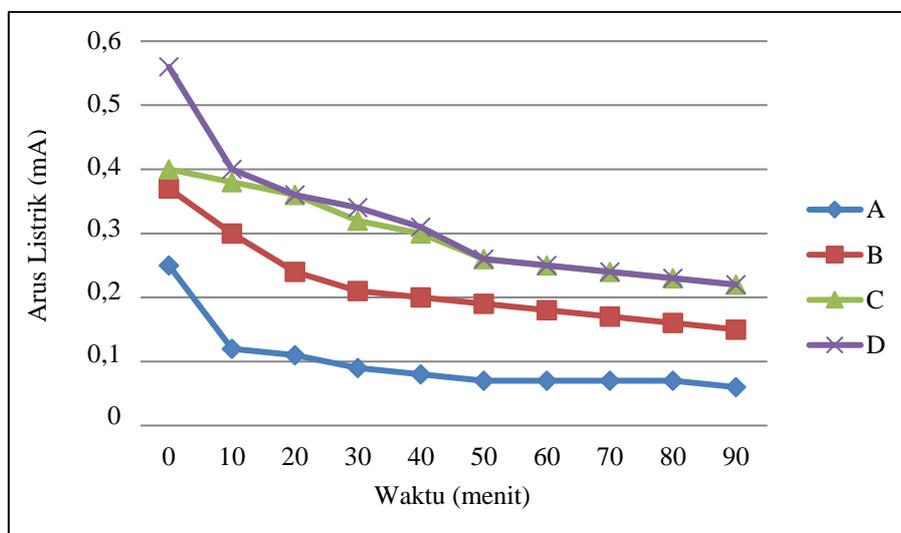
Pada tabel 4.4 diatas dapat dilihat bahwa nilai tegangan dan arus listrik biobaterai pada pengukuran waktu pembebanan 0 menit sampai dengan 90 menit di setiap 10 menit dilihat perubahan nilai tegangan dan arus listrik. Dalam hal ini lampu LED dianalogikan seperti beban. Saat biobaterai diberi beban LED, maka tegangan saat pemakaian beban lebih rendah karena ada yang menghambat jalannya arus listrik dalam rangkaian. Selain itu, pemberian beban berupa LED dapat memberikan nilai tegangan dan arus listrik stabil. Selama mengamati pengaplikasian biobaterai pada lampu LED didapat bahwa lampu tetap menyala selama 90 menit.

Berdasarkan tabel 4.4 selama 90 menit penyalaan lampu LED, pada biobaterai karbon daun singkong mengalami penurunan tegangan listrik yang diamati setiap 10 menit sekali. Untuk lebih jelasnya dapat disajikan dengan grafik berikut:



Gambar 4.4 Grafik Penurunan Nilai Tegangan Listrik pada Waktu Pembebanan Biobaterai Karbon Daun Singkong

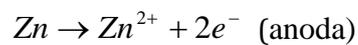
Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa nilai tegangan listrik mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya waktu. Berdasarkan pengukuran waktu pembebanan didapatkan bahwa semakin tinggi massa daun singkong maka nilai tegangan listrik awalnya mengalami kenaikan. Penurunan nilai tegangan listrik disebabkan adanya beban lampu LED 2,5 watt sehingga konduktivitas pada biobaterai daun singkong mengalami penurunan pada setiap waktu. (Sumanzaya, 2019)



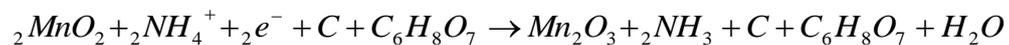
Gambar 4.5 Grafik Penurunan Nilai Arus Listrik pada Waktu Pembebanan Biobaterai Karbon Daun Singkong

Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa nilai arus listrik semakin menurun dengan semakin bertambahnya waktu. Penurunan nilai pada setiap waktu disebabkan karena konsentrasi ion-ion H^+ pada karbon daun singkong meningkat dan konsentrasi ion-ion Cl^- menurun. Adanya penurunan nilai tegangan berpengaruh juga kepada nilai arus yang disebabkan adanya beban lampu LED 2,5 watt sehingga konduktivitas pada biobaterai daun singkong mengalami penurunan pada setiap waktu. (Sumanzaya, 2019)

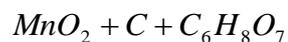
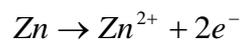
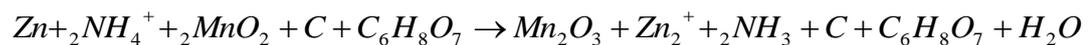
Baterai daun singkong termasuk dalam golongan sel kering seng-karbon yang terdiri atas suatu silinder zink berisi karbon daun singkong campuran air jeruk nipis. Dengan penggunaan logam seng adalah sebagai anoda sedangkan katoda digunakan elektroda inert. Kemudian seng akan dioksidasi sesuai dengan persamaan reaksi dibawah ini.



Katoda terdiri atas:



Sehingga reaksi keseluruhan yang terjadi adalah:



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan pada pemanfaatan daun singkong (*manihot utilissima*) sebagai pengganti sebagian karbon pada baterai 1,5 volt dengan menggunakan jeruk nipis sebagai bahan campura karbon maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Daun singkong dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian karbon pada baterai 1,5 volt. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan hasil pengukuran tegangan biobaterai daun singkong yang memiliki nilai tegangan dan juga dibuktikan dengan adanya nilai arus pada baterai yang dapat menghidupkan lampu LED 2,5 watt.
2. Dari hasil pengujian pada penelitian pemanfaatan daun singkong (*Manihot utilissima*) sebagai pengganti sebagian karbon pada baterai 1,5 volt di dapatkan nilai rata-rata tegangan listrik biobaterai daun singkong dengan sampel A: 1,53 volt; B: 1,54 volt; C: 1,55 volt; dan D: 1,58 volt. Dengan nilai rata-rata arus listrik pada sampel A: 0,08 mA; B: 0,1 mA; C: 0,13 mA; dan D: 0,19 mA. Kemudian didapatkan nilai rata-rata daya listrik pada sampel A: 0,12 mW; B: 0,14 mW; C: 0,20 mW; dan D: 0,29 mW. Didapatkan bahwa semakin tinggi massa karbon daun singkong maka semakin tinggi nilai tegangan, arus dan daya listrik yang dihasilkan.
3. Unjuk kerja dari pemanfaatan daun singkong (*Manihot utilissima*) sebagai pengganti sebagian karbon pada baterai 1,5 volt berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Setelah dilakukan percobaan lampu LED 2,5 watt mampu menyala dengan 3 buah baterai dari setiap variasi massa daun singkong. Dalam hal ini rangkaian yang digunakan adalah rangkaian seri. Seiring berjalannya waktu pembebanan terjadi penurunan pada nilai tegangan dan arus listrik.

5.2 Saran

Dari penelitian, saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Disarankan agar peneliti selanjutnya mencari komposisi lain agar menghasilkan nilai parameter kelistrikan yang lebih tinggi.
2. Disarankan penelitian selanjutnya menggunakan jenis daun singkong yang lain, seperti jenis daun singkong gading dan adiral.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Nelmi. Muhammad Gifron, dan Doris Wela. 2018. *Pengolahan Limbah Kulit Durian dan Baterai Bekas Menjadi Salah Satu Sumber Energi Listrik yang Ramah Lingkungan*. (Vol. 1 No. 1). Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Batusangkar.
- Asmarani, Suci. 2017. *Analisis Jeruk dan Kulit Jeruk Sebagai Larutan Elektrolit Terhadap Kelistrikan Sel Volta*. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- Fadillah, Syifa. Risa Rahmawati, dan M.PKim. 2015. *Pembuatan Biomaterial Dari Limbah Kulit Pisang (*Musa Paradisidca*)*. Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains 2015. Bandung.
- Fuadi, Muhammad Ali. 2016. *Ayat-Ayat Pertanian Dalam Al-Qur'an (studi Analisis Terhadap Penafsiran Thanthawi Jauhari Dalam Kitab Al-Jawahir Al-Qur'an Al-KArim)*. Skripsi Fakultas Ushuluddin dan Humanora Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
- Hapsoro, Danang Suto. 2010. *Pengaruh Kandungan Lem Kanji Terhadap Sifat Tarik dan Densitas Komposit Koran Bekas*. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Khairiah. 2017. *Analisis Kelistrikan Pasta Elektrolit Limbah Kulit Durian (*Durio Zibethinus*) Sebagai Bio-Baterai*. Universitas Negeri Medan.
- Latifah, Ayu. 2019. *Pengaruh Pembebanan Terhadap Tegangan dan Frekuensi pada Generator 3 Fasa*. Sekolah Tinggi Teknologi Garut.
- Napitupulu, Krisna Deni Yolanda. 2018. *Deskripsi dan Uji Organoleptik Klon-Klon Daun Ubi Kayu Sayur (*Manihot Esculenta Crantz*)*. Skripsi Fakultas Pertanian. Universitas Lampung.
- Pangestu, Sinta Setiani. 2017. *Analisis Laju Korosi Pada Sistem Energi Listrik Alternatif Berbasis Elektrolit Air Laut*. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- Prastuti, Okky Purti. 2017. *Pengaruh Komposisi Air Laut dan Pasir Laut sebagai Sumber Energi Listrik*. Universitas Internasional Semen Indonesia: Gresik.

- Pulungan, Nurfazri. Marpaung Ade Febria, Irawati Desma, Ramahdhanti Dian Ayuningsih, Yuliani Nila. 2017. *Pembuatan Bio-Baterai Berbahan Dasar Kulit Pisang*. (Vol. 1 No. 2). Universitas Negeri Medan.
- Putra, Gempur Irawan Supena dan Muppariqoh, Nisa Mi'rajun. 2013. *Bio-Baterai Daun Singkong (Manihot Utilissima) sebagai Solusi Atasi Krisis Energi Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan*. Institut Pertanian Bogor.
- Saleh, Nasir et.al. 2016. *Pedoman Budi Daya Ubi Kayu Di Indonesia*. Jakarta: IAARD Press.
- Suciyati, Sri Wahyu. dkk. 2019. *Analisis Jeruk dan Kulit Jeruk sebagai Larutan Elektrolit terhadap Kelistrikan Sel Volta*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung Bandar Lampung.
- Sumanzaya, Tri. 2019. *Analisis Karakteristik Elektrik Onggok Singkong Sebagai Pasta Bio-Baterai*. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- Thunenay, Willgraf. 2018. *Pengaruh Lama Perebusan Terhadap Kandungan Zat Besi Daun Singkong Varietas Mangi (Manihot Esculenta Crantz)*. (Vol. 2 No. 2). Universitas Pattimura.
- Wargianto, J. 2009. *Ubi Kayu Inovasi Teknologi dan Kebijakan Pengembangan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Whydiantoro, dkk. 2019. *Pengolahan Limbah Kulit Durian Menjadi Bio-Baterai Sebagai Energi Alternatif*. (Vol. 05 No.02). Universitas Majalengka.
- Yulianti, Devi. 2016. *Analisis Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas*. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- <https://m.liputan6.com/otomotif/read/3594152/indonesia-punya-peluang-besar-kuasai-teknologi-baterai-asal> diakses pada tanggal 14 mei 2020. Pukul 15.38WIB

LAMPIRAN 1
GAMBAR BAHAN PERCOBAAN

1. Baterai Bekas Jenis AA dengan Tegangan 1,5 Volt



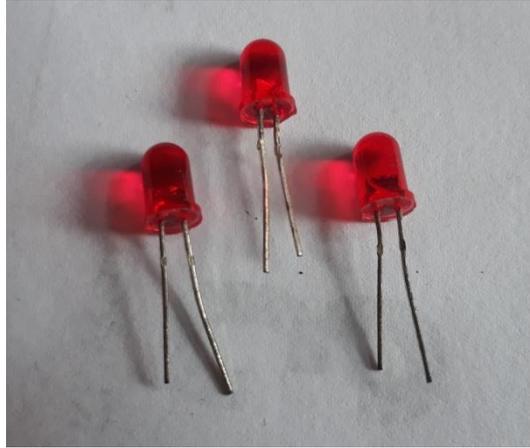
2. Daun Singkong (*Manihot Utilissima*)



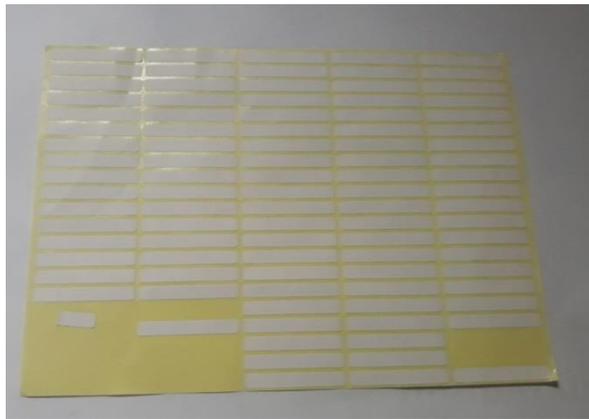
3. Jeruk Nipis (*Citrus*)



4. Lampu LED 2,5 Watt



5. Kertas Label



6. Isolasi/lakban



LAMPIRAN 2

GAMBAR ALAT-ALAT PERCOBAAN

1. Multimeter Digital



2. Timbangan Digital



3. Stopwatch



4. Kabel Penghubung



5. Pisau dan Obeng



6. Oven



LAMPIRAN 3

GAMBAR PEMBUATAN BIOBATERAI DAUN SINGKONG

1. Penyiapan baterai



2. Batang Karbon Setelah dikeluarkan isi baterai



3. Menimbang Massa Karbon Daun Singkong



4. Mengukur Volume Jeruk Nipis



5. Karbon Daun Singkong Setelah ditambahkan Jeruk Nipis



LAMPIRAN 4
GAMBAR SAMPEL UJI BIOBATERAI

1. Sampel Massa Daun Singkong 1, 2, 3, dan 4 gram



2. Sampel Rangkaian Seri dengan beban lampu LED 2,5 Watt



LAMPIRAN 5

DATA PENGUKURAN DAYA LISTRIK BIOBATERAI

Hasil pengukuran daya dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.5) dengan mengambil nilai tegangan dan arus listrik pada tabel 4.1 dan 4.2 maka di dapat hasil pengukuran daya listrik pada biobaterai karbon daun singkong sebagai berikut:

➤ Daya Listrik Sampel A

$$A_1 \rightarrow P = V \cdot I$$

$$P = (1,53 \text{ V}) (0,09 \text{ mA})$$

$$P = 0,13 \text{ mW}$$

$$A_2 \rightarrow P = V \cdot I$$

$$P = (1,53 \text{ V}) (0,08 \text{ mA})$$

$$P = 0,12 \text{ mW}$$

$$A_1 \rightarrow P = V \cdot I$$

$$P = (1,53 \text{ V}) (0,08 \text{ mA})$$

$$P = 0,12 \text{ mW}$$

➤ Daya Listrik Sampel B

$$B_1 \rightarrow P = V \cdot I$$

$$P = (1,54 \text{ V}) (0,10 \text{ mA})$$

$$P = 0,15 \text{ mW}$$

$$B_2 \rightarrow P = V \cdot I$$

$$P = (1,54 \text{ V}) (0,09 \text{ mA})$$

$$P = 0,13 \text{ mW}$$

$$B_1 \rightarrow P = V \cdot I$$

$$P = (1,54 \text{ V}) (0,11 \text{ mA})$$

$$P = 0,16 \text{ mW}$$

➤ Daya Listrik Sampel C

$$C_1 \rightarrow P = V \cdot I$$

$$P = (1,55 \text{ V}) (0,13 \text{ mA})$$

$$P = 0,20 \text{ mW}$$

$$C_2 \rightarrow P = V \cdot I$$

$$P = (1,55 \text{ V}) (0,13 \text{ mA})$$

$$P = 0,20 \text{ mW}$$

$$C_1 \rightarrow P = V \cdot I$$

$$P = (1,56 \text{ V}) (0,14 \text{ mA})$$

$$P = 0,21 \text{ mW}$$

➤ Daya Listrik Sampel D

$$D_1 \rightarrow P = V \cdot I$$

$$P = (1,58 \text{ V}) (0,19 \text{ mA})$$

$$P = 0,30 \text{ mW}$$

$$D_2 \rightarrow P = V \cdot I$$

$$P = (1,57 \text{ V}) (0,18 \text{ mA})$$

$$P = 0,28 \text{ mW}$$

$$D_1 \rightarrow P = V \cdot I$$

$$P = (1,58 \text{ V}) (0,19 \text{ mA})$$

$$P = 0,30 \text{ mW}$$

RIWAYAT HIDUP



Asnitha Aritonang lahir di desa Mekar Mulio, Kecamatan Sei Balai, Kabupaten Batubara, Provinsi Sumatera Utara pada tanggal 04 September 1999. Penulis lahir dari pasangan Zainal Aritonang dan Legini. Dan merupakan anak ke-2 dari empat bersaudara yakni Alm. Astrina Aritonang, Murdani Aritonang, Nuralisa Aritonang, dan Maya Karin Aritonang.

Pada tahun 2004 penulis masuk Sekolah Dasar Negeri (SDN) 014745 dan lulus pada tahun 2010. Kemudian melanjutkan madrasah tasnawiyah di MTs Tamansiswa Sidomulio dan lulus tiga tahun kemudian pada tahun 2013. Selanjutnya masuk pada sekolah menengah akhir di SMA Tamansiswa Sidomulio dan lulus pada tahun 2016. Pada tahun yang sama penulis diterima menjadi mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Pada bulan Juli 2016. Dengan ketekunan, motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha ditengah pandemi Covid-19. Penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir skripsi ini pada tanggal 30 Maret 2021. Penulis dinyatakan lulus dan berhak menyandang gelar Sarjana Sains melalui Ujian Munaqassah Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara. Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya skripsi yang berjudul "*Pemanfaatan Daun Singkong (Manihot Utilissima) Sebagai Pengganti Sebagian Karbon Pada Baterai 1,5 Volt*".